

1C2) 전국 7개 대도시를 중심으로 대기오염물질과 일일사망발생의 상관성 연구 (1998-2001)

Relationship between Air Pollution and Daily Mortality in Seven Major Cities of Korea, 1998-2001

조웅섭¹ · 이종태¹ · 김윤신 · 김 호² · 하은희¹ · 박혜숙¹

한양대학교 환경 및 산업의학연구소,

¹이화여자대학교 예방의학교실, ²서울대학교 보건대학원

1. 서 론

1952년 런던 스모그 사건을 시작으로 대기오염이 인체 건강영향에 미치는 연구가 꾸준히 진행되면서 고농도의 대기오염에서뿐만 아니라 대기오염 기준치 이하의 농도에서도 사망자 수의 증가(Schwartz과 Dockery, 1992; Lee 등, 1999), 호흡기 및 심혈관계 질환 환자의 증가(Schwartz, 1994)등을 초래한다는 연구들이 최근 수 년간 일관성 있게 보고되고 있다(Stieb 등, 2002). 따라서 본 연구에서는 1998년 1월부터 2001년 12월까지의 7개 대도시(서울, 부산, 대구, 광주, 대전, 인천, 울산)의 일일사망자료와 환경측정 자료 및 기상자료를 이용하여 시계열 분석방법으로 대기오염물질이 일별 사망에 미치는 영향을 추정하고자 하였다.

2. 연구 방법

모든 사망자에 대한 자료를 통계청으로부터 입수하여 일별로 사망자 수를 파악하였으며, 대기오염 자료는 환경부의 대기자동 측정소에서 측정된 CO, O₃, PM₁₀, NO₂, SO₂의 일평균값을 이용하였고, 기상자료는 서울시 기상청에서 측정된 일일상대습도와 일일평균온도 자료를 이용하였다. 사망자 수는 전체인구집단에 비해 매우 드물게 일어나므로 하루동안 발생한 사망자수에 대한 확률모형은 포아송분포(Poisson distribution)가 사용되었다. 또한 각 대기오염물질 노출과 사망과의 상관성을 추정하는데 있어서 소위 'lead-lag' 효과에 대한 적절한 추정을 위해 lag time을 제시하였으며, 대기오염농도 및 기상요인 등에 의해 서로 연계되어진 사망발생간의 자기상관관계(autocorrelation)을 보정하고 계절적 변동을 보정하기 위해 Generalized Additive Model(GAM)을 이용하여 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

연구기간(1998년-2001년) 동안의 전국 7개 도시 대기오염농도와 일별 사망자수 및 기상자료에 대한 결과는 표 1과 같다. 대기오염물질은 국내환경기준치를 넘지 않았고 사망자수는 7개 도시 전체의 경우 하루 평균 약 36명으로 나타났다.

Table 1. Summary statistics for daily deaths, pollutants, and weather in seven cities, 1998-2001

City	CO (ppm)	O ₃ (ppb)	PM ₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	NO ₂ (ppb)	SO ₂ (ppb)	TEMP ($^{\circ}\text{C}$)	HUMD (%)	Number of deaths	Population
Seoul	1.16(0.56)	33.30(19.03)	68.14(37.82)	33.48(11.32)	6.50(2.80)	13.17(10.40)	63.64(13.26)	103.10(12.61)	10,331,224
Busan	1.05(0.46)	35.89(14.04)	63.09(30.28)	24.21(8.20)	11.86(5.24)	15.32(8.04)	65.45(18.75)	49.15(7.98)	3,786,033
Inchon	0.92(0.44)	31.65(15.53)	53.74(30.16)	26.17(9.65)	7.66(2.79)	12.86(10.06)	68.47(13.78)	28.13(5.90)	2,581,557
Daegu	1.07(0.83)	34.30(17.77)	66.02(31.56)	27.90(11.21)	10.37(7.33)	14.62(9.30)	60.14(15.76)	30.24(6.14)	2,539,587
Kwangju	1.01(0.60)	33.45(14.26)	54.57(27.56)	20.86(8.48)	6.01(2.85)	14.19(9.28)	66.68(12.71)	15.32(4.08)	1,387,360
Daejeon	1.50(0.75)	37.54(17.89)	52.73(27.73)	22.62(11.33)	7.64(3.89)	13.09(9.92)	68.33(14.16)	15.23(3.98)	1,408,809
Ulsan	0.85(0.29)	31.68(12.34)	41.15(23.10)	20.40(5.59)	13.90(5.00)	14.65(8.51)	61.95(18.23)	10.31(3.32)	1,060,378
Total	1.08(0.62)	33.97(16.12)	57.11(31.29)	25.09(10.50)	9.14(5.32)	13.98(9.43)	64.95(15.67)	35.93(30.77)	48,289,173

Note. Values are mean(\pm SD); TEMP, temperature; HUMD, humidity.

시계열적 분석을 통한 표 2의 결과는 각 오염물질이 사분위수 범위(interquartile rang, 이하 IQR)로 증가할 때 일별사망자 수의 상대적 증가율(약 1~3%)을 나타내고 있다. 이 분석의 결과는 비록 측정된 대기오염물질의 오염도가 대기환경기준치 이내이긴 하지만 일별사망자 수 증가와 통계적으로 유의한 상관관계가 있음을 나타내고 있다.

Table 2. Mortality rate ratios[RR(95% CI)] for IQR increases in the daily average CO, O₃, PM₁₀, NO₂, and SO₂, respectively, for seven cities in Korea, 1998-2001

City	CO	O ₃	PM ₁₀	NO ₂	SO ₂
Seoul	1.028 (1.020-1.036)	1.013 (1.004-1.023)	1.013 (1.007-1.019)	1.029 (1.021-1.037)	1.033 (1.024-1.042)
Busan	1.015 (1.005-1.025)	1.004 (0.994-1.014)	1.009 (1.001-1.017)	1.009 (0.999-1.019)	1.009 (0.999-1.019)
Inchon	1.019 (1.007-1.030)	1.006 (0.992-1.020)	1.019 (1.008-1.029)	1.028 (1.015-1.041)	1.029 (1.016-1.043)
Daegu	1.007 (1.000-1.013)	1.012 (0.997-1.028)	1.011 (0.999-1.023)	1.011 (0.999-1.022)	1.007 (0.999-1.016)
Kwangju	1.028 (1.012-1.043)	1.001 (0.982-1.021)	1.014 (1.000-1.028)	1.034 (1.013-1.056)	1.033 (1.014-1.052)
Daejeon	1.016 (0.996-1.036)	1.009 (0.990-1.028)	1.020 (1.005-1.035)	1.027 (1.008-1.048)	1.022 (1.004-1.042)
Ulsan	1.023 (1.004-1.042)	1.018 (0.999-1.038)	1.023 (1.003-1.044)	1.011 (0.990-1.033)	1.001 (0.980-1.022)
Total	1.013 (1.010-1.017)	1.006 (1.001-1.010)	1.011 (1.007-1.015)	1.021 (1.016-1.027)	1.019 (1.013-1.025)

Note. RR, rate ratios; CI, confidence intervals; IQR, interquartile range.

또한, 그림 1은 각 대기오염물질의 농도 수준과 사망의 상대위해도간의 관계를 비모수적 방법에 의해 나타낸 그림으로서 각 오염물질의 농도 수준이 증가함에 따라 사망의 상대위해도 값이 선형으로 증가함을 나타내어 본 연구에서 가정한 대기오염농도 증가와 사망 발생의 선형성이 타당함을 제시한다고 할 수 있다.

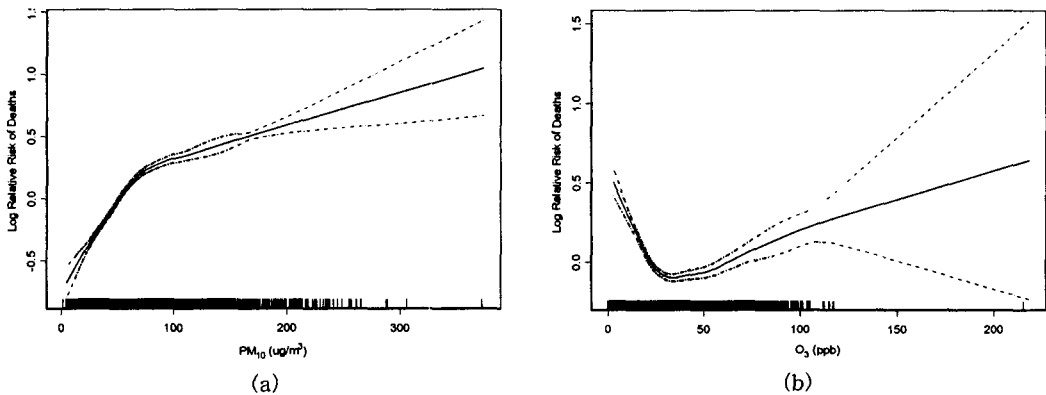


Fig. 1. Log relative risk of total death count (all aged) vs. the concentration of PM₁₀(a) and O₃(b) using a single-pollutant model adjusted for long-term time trends and weather information in 7 cities, 1998-2001. The dashed lines give 95% confidence limits, and the vertical lines along the x-axis indicate the number of observations.

위의 결과들을 국외 연구와 비교해 보면 1985년에서 1990년 사이의 시카고지역에서 행한 연구(Styer 등, 1995)에서는 PM₁₀이 10 µg/m³ 증가할 때 외인사를 제외한 총사망률이 0.3 % 증가하였고 통계적으로도 유의한 값이었으며, 이러한 결과는 본 연구와 유사한 결과를 보였다. 유럽 국가들의 결과를 메타분석

한 APHEA project (Air Pollution and Health: a European Approach) 연구에서는 외인사를 제외한 총 사망자 수가 약 0.2 % 정도 증가되었고 통계적으로 유의하였다(Katsouyanni 등, 1997).

감사의 글

“ 이 연구는 환경부 차세대핵심환경기술개발사업 지원(과제번호 : Eco-technopia 2001, 16-018)에 의해 수행하는 연구결과의 일부임 ”

참 고 문 헌

- Lee JT, Schwartz J (1999) Reanalysis of Effects of Air Pollution on Daily Mortality in Seoul, Korea : A Case-Crossover Design, Environ Health Perspect, Vol. 107, 633-636
- Katsouyanni K, Touloumi G, Spix C (1997) Short-Term Effects of Ambient SO₂ and PM on Mortality in 12 European cities: Results from Time-Series Data from the APHEA Project, Br Med J, Vol.314, 1658-1663
- Schwartz J, Dockery DW (1992) Increased Mortality in Philadelphia Associated with Daily Air Pollution Concentrations, Am Rev Respir Dis Vol. 145, 600-604
- Schwartz J (1994) Air Pollution and Hospital Admissions for the Elderly in Birmingham, Alabama, Am J Epidemiol Vol. 139, 589-598
- Stieb DM, Judek S, and Burnett RT (2002) Meta-Analysis of Time-Series Studies of Air Pollution and Mortality: Effects of Gases and Particles and the Influence of Cause of Death, Age, and Season, J Air & Waste Manage Assoc, Vol 52, 470-484
- Styer P, McMillan N, Gao F, Davis J, Sacks J (1995) Effect of Outdoor Airborne Particulate Matter on Daily Death Counts, Environ Health Perspect, Vol 103, 490-497